

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ КРУПНО- И СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ПОЧВЕННЫХ КАРТ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены возможности составления почвенных карт крупных и средних масштабов непосредственно в цифровой среде. Разработан алгоритм, по которому созданы цифровые карты в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 200 000 на ключевой участок Клецкого района. Отличительной чертой предложенного алгоритма составления карт от других существующих методических указаний является частичная автоматизация процессов как геометрической, так и классификационной генерализации. Дается сравнение созданных цифровых и существующих аналоговых почвенных карт по 8 параметрам оценки качества генерализации. В результате установлено, что разработка методических аспектов создания цифровых почвенных карт неразрывно связана с интеграцией ГИС-технологий на всех этапах составления карт, а цифровые крупно- и среднемасштабные почвенные карты, созданные по разработанному алгоритму, по всем показателям оценки качества карт превосходят свои бумажные аналоги и в максимальной степени характеризуют реальный почвенный покров территории.

Ключевые слова: цифровая почвенная картография; ГИС-технологии; цифровые почвенные карты; алгоритм создания карт; генерализация цифровых карт; оценка качества карт.

The possibilities of creating soil maps of large and medium scale directly in the digital environment are considered. We elaborated an algorithm of creating digital soil maps, according to which digital maps in scale 1 : 50 000 and 1 : 200 000 on the key area of Kletsk are made. A distinctive feature of the proposed algorithm of creating maps from the other existing guidelines is a partial automation of processes of both geometric and classification generalization. The comparison of created digital and existing soil maps analog in 8 parameters of assessing the quality of generalization is given. As a result, it was found that the development of methodological aspects of creating digital soil maps is inextricably linked with the integration of GIS technology at all stages of cards, and digital large- and medium-scale soil maps created by the developed algorithm exceed their paper counterparts on all the indicators of measuring the quality of cards and to the maximum extent characterise a real topsoil territory.

Key words: digital soil mapping; GIS technology; digital soil maps; the algorithm for creating maps; generalization of digital maps; quality assessment of maps.

Первая работа, относящаяся к цифровой почвенной картографии (ЦПК), – статья австралийского ученого А. В. МакБратни (McBratney et al., 2003) [1], в которой сформулированы основные положения по данной тематике. До этого периода в ЦПК как самостоятельном разделе картографии использовались лишь математические и статистические методы изучения распределения почв. С 2004 по 2012 г. прошло пять международных симпозиумов по ЦПК, организованных международным обществом почвоведов, что говорит о высокой потребности в разработке методик и создании цифровых почвенных карт. Указанному автору принадлежит и определение ЦПК: «Цифровая почвенная картография – создание и использование почвенных информационных систем посредством полевых и лабораторных методов наблюдений в сочетании с пространственными и непространственными почвенными закономерностями» [1, с. 140], признанное и используемое мировым научным сообществом почвоведов.

В Республике Беларусь до настоящего времени не принят государственный стандарт по цифровым картам, несмотря на это, наиболее полным можно считать следующее определение: цифровая карта местности – цифровая модель земной поверхности или ее элементов, отражающих пространственную определенность и структурную подробность объектов местности, сформированная в цифровой форме в принятой для карты проекции, разграфке, системе координат и высот, по точности и содержанию соответствующая карте определенного масштаба [2]. Цифровая почвенная карта в других сопредельных с почвоведением науках зачастую трактуется довольно узко: под цифровой картой понимается оцифрованная аналоговая карта или электронная, визуализированная на мониторе компьютера, что делает невозможным выполнение ряда научно-производственных задач по анализу пространственных данных, инвентаризации и мониторингу почвенно-земельных ресурсов, моделированию и прогнозированию почвенных процессов.

Сегодня основным фактором развития тематической картографии является распространение цифровых методов получения и обработки информации. Они способны ответить на современные запросы практики – растущие требования к точности и оперативности получения информации, позволяют в разы снизить стоимость конечного продукта и повысить скорость картирования территории в разных масштабах. В настоящее время использование современных цифровых технологий возможно для пространственного, количественного и качественного анализа почвенного покрова на всех этапах исследования и картирования почвенного покрова. Но, несмотря на вышеуказанные актуальные положения, ЦПК ни в Беларуси, ни в мире не разработала полностью автоматизированных методов, которые бы привели к созданию конечной почвенной карты. Основной причиной можно назвать невозможность имитации компьютером знаний эксперта-почвовода, хотя при введении огромного количества правил

и условий при программировании экспертной системы возможно добиться положительных результатов. Не следует забывать также, что данная экспертная система может работать только в той системе классификации почв, на базе которой она была создана. В связи с этим целью исследований является разработка оптимальной методики цифрового картографирования почвенного покрова Беларуси в масштабах 1 : 50 000, 1 : 200 000, 1 : 600 000 с применением ГИС-технологий.

Материал и методика исследований

Существует два основных метода составления почвенных карт, выбор которых определяется наличием и характером исходных материалов.

1. Составление карт по факторам почвообразования, когда создание средне- и мелкомасштабных почвенных карт на территории, недостаточно обеспеченной почвенными картами крупных масштабов, осуществляется на основании анализа пространственного распределения факторов почвообразования. Метод основан на системном подходе – знании взаимосвязей между почвами и другими компонентами ландшафта в различных географических обстановках.

2. Создание карт на основе почвенно-картографических материалов, когда составление средне- и мелкомасштабных почвенных карт проводится путем сводки и обобщения исходных почвенно-картографических материалов – способом генерализации. Данный метод является основным для создания средне- и мелкомасштабных карт на территорию Беларуси ввиду 100 % охвата всех сельскохозяйственных земель аналоговыми картами масштаба 1 : 10 000 и всей территории Беларуси аналоговыми картами масштаба 1 : 50 000. Почвенные аналоговые карты масштаба 1 : 200 000 для любого вида анализа использовать невозможно из-за отсутствия на них данных о почвах под лесной растительностью.

Процесс генерализации довольно сложен. Во-первых, некоторые элементы содержания не могут быть показаны из-за масштаба карты, но должны быть отражены в силу своей значимости. Во-вторых, при сохранении географического правдоподобия и передаче основных закономерностей строения почвенного покрова нарушается геометрическая точность изображения.

В-третьих, в ходе генерализации происходит, с одной стороны, потеря информации, исключение деталей, но с другой – появление новой обобщенной информации, выделяются объекты, относящиеся к более высокому классификационному уровню, исчезают частности и обнаруживаются более общие географические закономерности. В-четвертых, проводя генерализацию, необходимо сочетать максимальную информативность карты с ее наглядностью и легкой читаемостью [3].

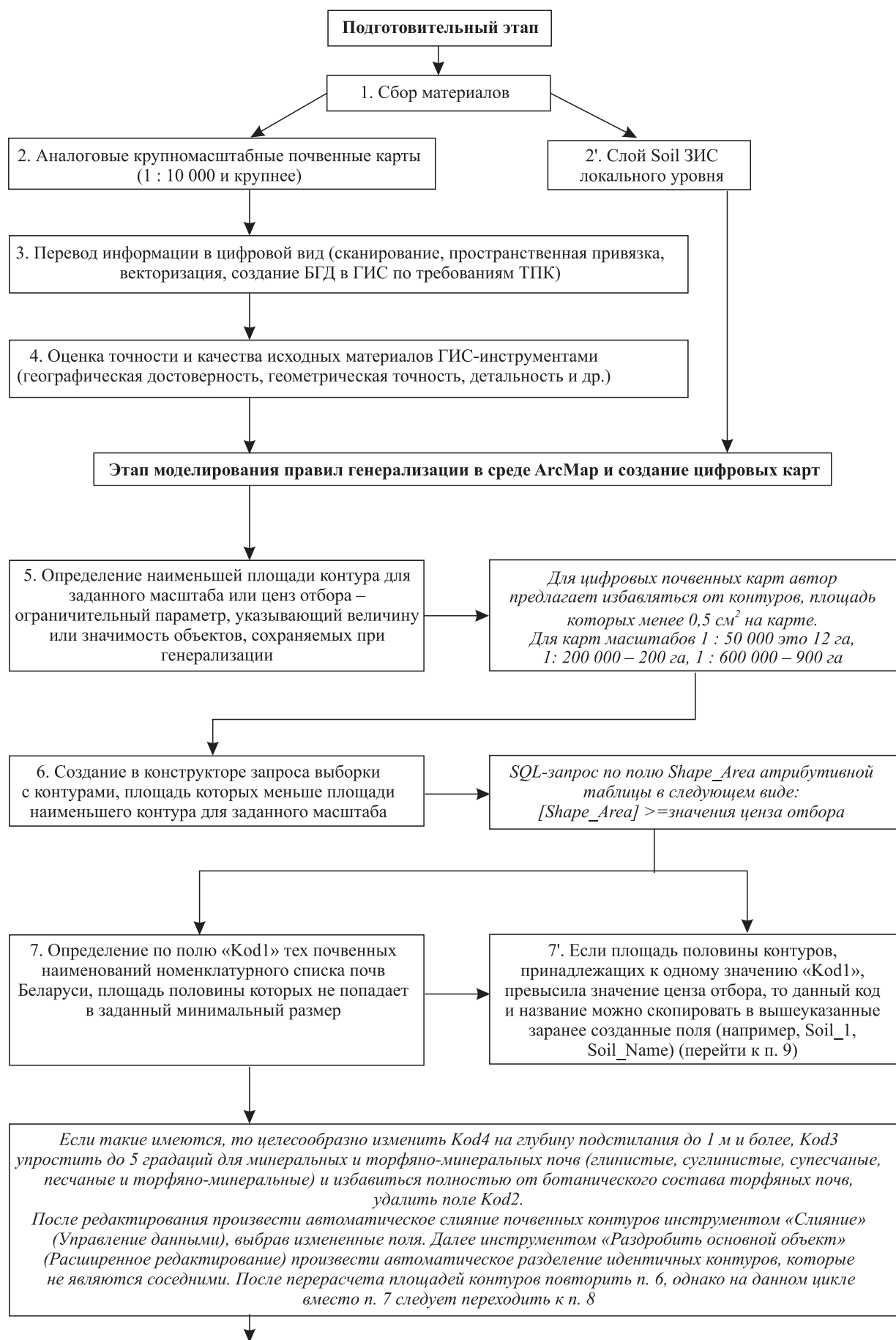
Для разработки алгоритма цифрового картографирования почвенного покрова в крупном и среднем масштабах была выбрана территория Клецкого района, главным образом из-за наличия цифрового слоя «Почвы» земельно-информационной системы (ЗИС) локального уровня, соответствующего масштабу 1 : 10 000 (14 577 контуров). Данный слой соответствовал эталонному (исходному) материалу для генерализации и выполнен в соответствии с критериями Методических рекомендаций по созданию тематического слоя «Почвы» ЗИС [4], на основании номенклатурного списка почв Беларуси 2003 г. [5]. Для оценки всех критериев генерализации и сравнения созданных цифровых и аналоговых карт были оцифрованы почвенные карты на территорию Кореличского района масштаба 1 : 50 000, 1 : 200 000 и 1 : 600 000 (1648, 326 и 15 контуров соответственно).

В Республике Беларусь разработаны методические указания по составлению районных и областных почвенных карт, однако данные указания касаются аналоговых карт и не содержат практических рекомендаций по генерализации цифровых карт. В данной статье предлагается алгоритм создания цифровых почвенных карт путем сводки и обобщения исходных почвенных материалов способом генерализации, где в максимальной степени автоматизированы процессы генерализации для цифровых почвенных карт (рис. 1).

Результаты исследований и их обсуждение

Подавляющее большинство критериев, по которым можно оценить качество генерализации [6] да и в целом созданной карты, возможно вычислить только в цифровой среде, используя широкий инструментарий, в нашем случае – программный продукт ArcGIS. Для сравнения цифровых карт, созданных по вышеуказанной методике (см. рис. 1), с существующими аналоговыми картами были рассчитаны данные (рис. 2), отражающие географическую достоверность, геометрическую точность, наглядность и детальность почвенных карт по ключевому участку на карте Клецкого района, который представлен семью типами почв в масштабе 1 : 10 000.

Самый главный критерий генерализации любой карты – географическая достоверность, показывающая, насколько правильно переданы пространственные взаимные соотношения, соподчиненность и расположение объектов [3]. Ни по одному из параметров, по которым достоверность рассчитывается (см. рис. 2), аналоговые почвенные карты не превзошли цифровые, исключением является лишь коэффициент контрастности, который для аналоговой карты масштаба 1 : 200 000 составил 20 по сравнению



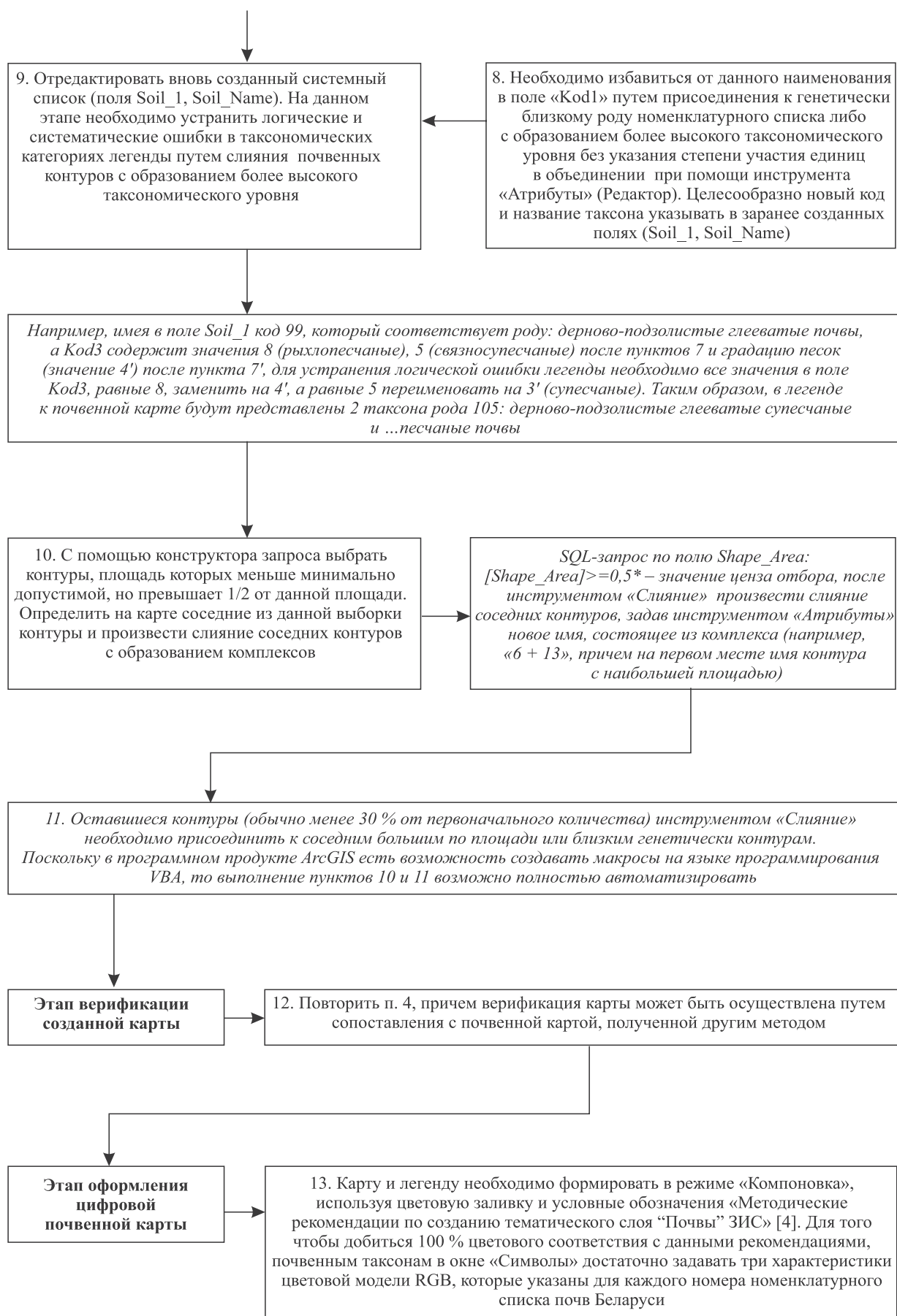


Рис. 1. Алгоритм создания цифровых почвенных карт

с 12,5 на созданной цифровой. Однако данное значение следует считать ложным, так как на уровне типов почв географическая достоверность аналоговой карты данного масштаба составила всего 16 %, что неизбежно повлекло за собой кардинальное искажение процентного соотношения фоновой почвы. Несмотря на это ложное значение, коэффициент неоднородности участка, который рассчитывается как для выбора масштаба почвенной съемки, так и для кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий, на цифровой карте оказался выше.

Геометрическую точность, или соответствие положения объектов на карте их действительному положению [3], проверять нет необходимости, поскольку вышеописанный цифровой способ создания почвенных карт основан на топологической модели данных, поддерживаемой программным продуктом ArcGIS. Нецелесообразно оценивать у цифровых карт и такой критерий генерализации, как наглядность, потому что векторное представление почвенного покрова в зависимости от дисплея монитора можно масштабировать в любых заданных значениях.

Детальность цифровых почвенных карт наиболее полно характеризуют первые два графика (см. рис. 2), где показатели количества контуров и средних размеров контура в 2–3 раза превышают показатели аналоговых карт.

Рассматривая в целом все показатели, по которым проводилось сравнение, можно прийти еще к одному выводу: показатели, отражающие качество генерализации созданных цифровых карт относительно

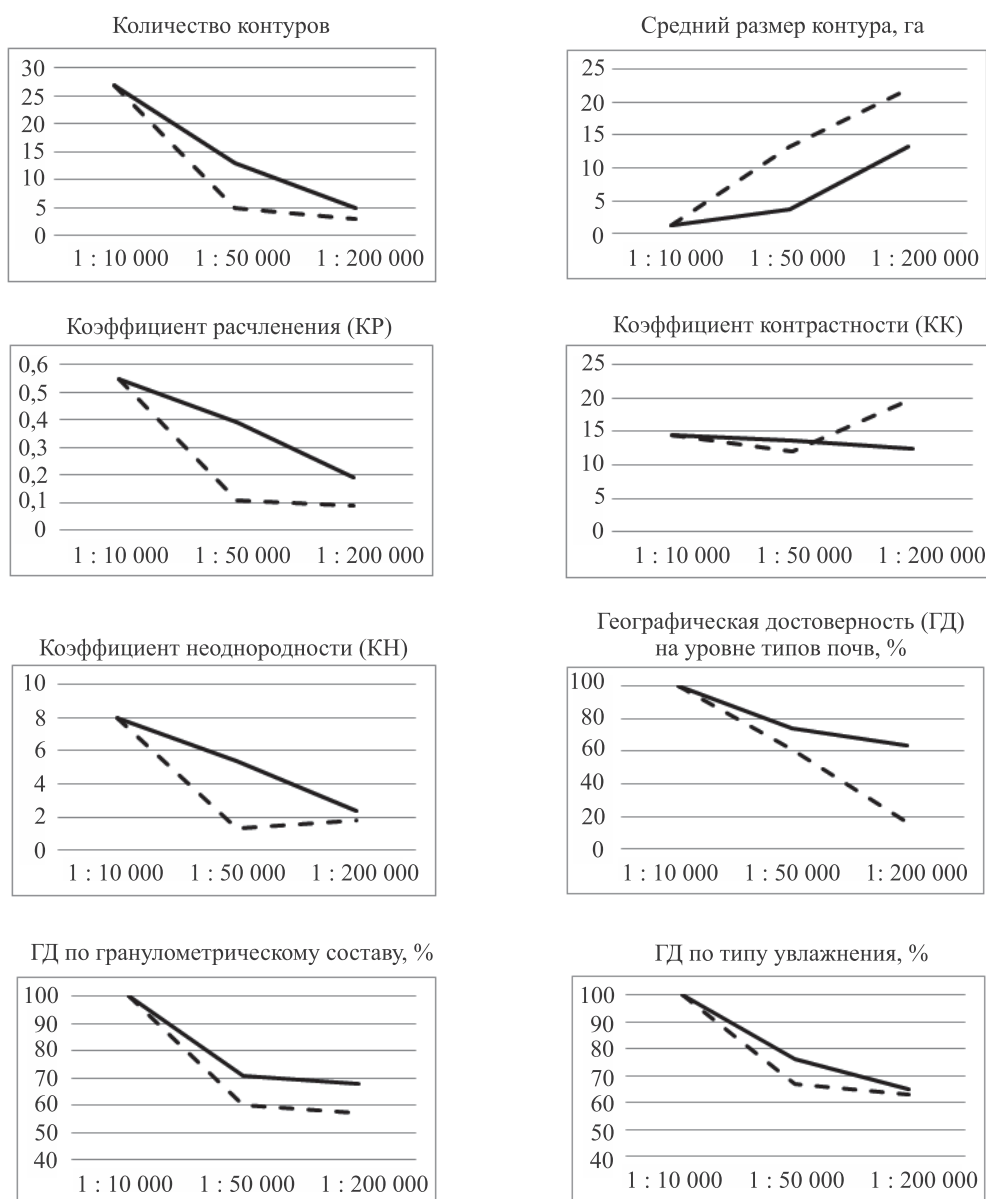


Рис. 2. Основные показатели, отражающие качество генерализации созданных цифровых и оцифрованных аналоговых карт

аналоговых на графиках (см. рис. 2), представлены плавными линиями, т. е. созданные карты можно считать более гармоничными, максимально приближенными к эталонной, в нашем случае – к карте масштаба 1 : 10 000. Показатели, рассчитанные по аналоговой почвенной карте в масштабе 1 : 50 000, несмотря на тот факт, что почвенные карты данного масштаба многие авторы (Н. И. Смеян, М. Н. Строганова, М. И. Герасимова и др.) относят к крупномасштабным, максимально приближены к почвенной карте масштаба 1 : 200 000, которая, в свою очередь, является среднемасштабной.

Единственным препятствием для реализации методики и создания цифровых крупно- и среднемасштабных почвенных карт является тот факт, что описанный выше алгоритм опирается на использование слоя «Почвы» ЗИС локального уровня, вследствие чего для создания цифровых районных почвенных карт требуется наличие данного слоя, а для областных и республиканских почвенных карт необходимо единое цифровое почвенное пространство, интегрированное из всех ЗИС районов области или республики соответственно.

Таким образом, разработка методических аспектов создания цифровых почвенных карт неразрывно связана с интеграцией ГИС-технологий на всех этапах создания карт, максимальной автоматизацией процессов генерализации и машинной имитацией знаний картографа-почвоведа, главным образом средств программирования в среде ArcGIS, либо другого программного продукта. В Республике Беларусь впервые предпринята попытка разработки алгоритма создания почвенных карт непосредственно в цифровой среде с автоматизацией процессов контурной (геометрической) и классификационной генерализации. В свою очередь, цифровые крупно- и среднемасштабные почвенные карты, созданные по вышеуказанному алгоритму, по всем показателям оценки качества карт превосходят свои бумажные аналоги и в максимальной степени характеризуют реальный почвенный покров территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. McBratney A. B., Mendonça Santos M. L., Minasny B. On digital soil mapping // *Geoderma*. 2003. Vol. 117.
2. Абламейко С. В., Крючков А. Н. Информационные технологии создания и обновления цифровых и электронных карт местности // *Информатика*. 2004. № 2. С. 86.
3. Герасимова М. И., Гаврилова И. П., Богданова М. Д. Мелкомасштабное почвенное картографирование. М., 2010.
4. Методические рекомендации на выполнение работ по созданию тематического слоя «Почвы» земельно-информационной системы / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь. Минск, 2006.
5. Номенклатурный список почв Беларуси. Минск, 2003.
6. Строганова М. Н. Структура почвенного покрова и почвенная картография : учеб. пособие [Электронный ресурс]. М., 2011. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

Поступила в редакцию 18.02.2014.

Сергей Николаевич Прокопович – преподаватель кафедры почвоведения и земельных информационных систем.